

## ⑯ 公開特許公報 (A) 平3-153023

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 21/203  
21/20識別記号 M  
序内整理番号 7630-5F  
7739-5F

④公開 平成3年(1991)7月1日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑤発明の名称 半導体装置の製造方法

②特 願 平1-292903  
②出 願 平1(1989)11月10日

⑦発明者 袋田 淳史 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑦発明者 杉井 寿博 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑦出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑦代理人 弁理士 井桁 貞一

## 明細書

## 1 発明の名称

半導体装置の製造方法

## 2 特許請求の範囲

(1)炭化処理を施された表面を有するシリコン基板の一表面にシリコン層を堆積する工程と、

該シリコン層が堆積された該シリコン基板を炭化水素雰囲気中で加熱して該シリコン層を炭化処理する工程

とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2)第1の温度( $T_1$ )に加熱された単結晶シリコン基板が収容されている真空容器内に炭化水素ガスを導入したのち該シリコン基板を第2の温度( $T_2$ ;  $>T_1$ )に加熱して該シリコン基板表面に炭化珪素層を生成する第1の工程と、

該真空容器内に対する該炭化水素ガスの導入を停止したのち該シリコン基板を第3の温度( $T_3$ ;  $T_2 \geq T_3 > T_1$ )に加熱するとともに該炭化珪素層上にシリコン層を堆積する第2の工程と、

該シリコン層が堆積された該シリコン基板を該真空容器内において第4の温度( $T_4$ ;  $T_4 < T_3$ )に保持する第3の工程と、

前記第4の温度( $T_4$ )に保持された該シリコン基板が収容されている該真空容器内に炭化水素ガスを導入するとともに該シリコン基板を第5の温度( $T_5$ ;  $T_5 \geq T_3$ )に加熱して該シリコン層を単結晶炭化珪素層に変換する第4の工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

(3)第2乃至第4の工程を反復することを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

## 3 発明の詳細な説明

## 〔概要〕

シリコン基板上に単結晶炭化珪素を成長させる方法に關し、

シリコン基板上に平坦性の優れた単結晶炭化珪素を成長可能とすることを目的とし、

炭化処理を施された表面を有するシリコン基板の一表面にシリコン層を堆積する工程と、該シリ

コン層が堆積された該シリコン基板を炭化水素雰囲気中で加熱して該シリコン層を炭化処理する工程とを含むように構成する。

〔産業上の利用分野〕

本発明は、シリコン基板上にヘテロ接合を形成する単結晶炭化珪素(SiC)を成長させる方法に関する。

〔従来の技術〕

ヘテロ接合を利用した半導体装置の一つとしてヘテロバイポーラトランジスタ(HBT)が考案されている。一方、シリコンウエハ上に炭化珪素(SiC)をエピタキシャル成長させる技術の開発が進められている。安定した微細化技術が確立されているシリコンウエハにシリコンより大きなバンドギャップを有するSiC層を形成し、このSiC層をエミッタとするヘテロバイポーラトランジスタを形成することにより、熱的に安定した高速かつ大電力の集積回路が期待できる。

本発明は、上記のMBE装置を用いて、シリコンウエハ上に平坦性の優れた単結晶SiC層を成長可能な方法を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的は、炭化処理を施された表面を有するシリコン基板の一表面にシリコン層を堆積する工程と、該シリコン層が堆積された該シリコン基板を炭化水素雰囲気中で加熱して該シリコン層を炭化処理する工程とを含むことを特徴とする本発明に係る半導体装置の製造方法、または、第1の温度( $T_1$ )に加熱された単結晶シリコン基板が収容されている真空容器内に炭化水素ガスを導入したのち該シリコン基板を第2の温度( $T_2$ ;  $T_2 > T_1$ )に加熱して該シリコン基板表面に炭化珪素層を生成する第1の工程と、該真空容器内に対する該炭化水素ガスの導入を停止したのち該シリコン基板を第3の温度( $T_3$ ;  $T_3 \geq T_2 > T_1$ )に加熱するとともに該炭化珪素層上にシリコン層を堆積する第2の工程と、該シリコン層が堆積された該シリコン基板を該真

〔発明が解決しようとする課題〕

シリコンウエハ上へのSiCをエピタキシャル成長させる方法として、真空容器内において、加熱されたシリコンウエハ面に対してシリコン(Si)の分子線を照射すると同時にアセチレン( $C_2H_2$ )ガスを吹き付ける一種の分子線エピタキシ(MBE)法が用いられる場合がある。この方法においては、Si分子線を照射する前に、 $C_2H_2$ ガスのみを吹き付けてシリコンウエハ表面を炭化、すなわち、SiC層を生成しておく。このときの真空容器内の残留ガスは、Si分子が残留ガスと衝突しない充分低い圧力、一般的な大きさの成長装置で $5 \times 10^{-3}$  torr以下、であることが必要である。残留ガスの大部分は $C_2H_2$ であるから、 $C_2H_2$ の分圧をこの圧力範囲になるようにして吹き付ける必要がある。

しかしながら、上記の条件でシリコンウエハ上に成長したSiC層は粒状を成しており、例えば上記HBTのような半導体装置の製造に適した表面平坦性を有していない。

空容器内において第4の温度( $T_4$ ;  $T_4 < T_3$ )に保持する第3の工程と、前記第4の温度( $T_4$ )に保持された該シリコン基板が収容されている該真空容器内に炭化水素ガスを導入するとともに該シリコン基板を第5の温度( $T_5$ ;  $T_5 \geq T_3$ )に加熱して該シリコン層を単結晶炭化珪素層に変換する第4の工程とを含むことを特徴とする本発明に係る半導体装置の製造方法によって達成される。

〔作用〕

炭化された表面を有するシリコンウエハ表面に $10^{-6}$  torr程度の高真空中でSi層を堆積し、このSi層に850 °Cで $C_2H_2$ 等の炭化水素ガスを吹き付けて炭化することにより平坦なSiC層をエピタキシャル成長させることができると可能である。したがって、Si層のエピタキシャル成長とその炭化を反復することにより所望の厚さを有する単結晶SiC層を形成することができる。

〔実施例〕

以下本発明の実施例を図面を参照して説明する。第1図は本発明の実施に用いたMBE装置の概要構成を示す模式図であって、図示しない排気装置により排気される。直径約50cmのステンレス製の真空容器1の内部に、例えば直径3インチのシリコンウェハ2が設置される。真空容器1内の到達真空度は $1 \times 10^{-10}$ Torrである。シリコンウェハ2は、例えばその背面に設けられたヒータ3により1200°Cまで加熱可能とされている。

真空容器1内部には、シリコンウェハ2と対向するようにしてSi分子線源4が設けられており、シリコンウェハ2とSi分子線源4間に可動シャッタ5が配置されている。また、真空容器1には、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>等の炭化水素ガスを導入するガス導入管6と、シリコンウェハ2表面を観察するための、電子線錠7Aと検知器7Bから成る反射高速電子線回折(RHEED)装置が設けられている。ガス導入管6の先端は、シリコンウェハ2の表面にC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを吹き付けるように、真空容器1内部に延伸されている。

上記MBE装置内において、第2図に示す温度サ

イクルでシリコンウェハ2を加熱し、その間にガス導入管6を通じてのC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入およびSi分子線源4からのSi分子線の照射を間歇的に行い、シリコンウェハ2上にSiC層をエピタキシャル成長させる。

#### (実施例1)

真空容器1内を $1 \times 10^{-10}$ Torrに排気しつつ、この内でシリコンウェハ2を800°Cに加熱し、表面酸化膜を除去する。次いでシリコンウェハ2の温度を300°Cに下げたのち、ガス導入管6から流量1SCCMのC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを導入する。その結果、真空容器1内の圧力は $3 \times 10^{-5}$ Torrとなる。この圧力はC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの分圧とみなすことができる。

シリコンウェハ2の温度を850°Cに上げ、この温度で約10分間保持したのちC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入を停止する。以上により、シリコンウェハ2表面は炭化され、SiC層が生成する。

次いでシリコンウェハ2の温度を800°Cに下げ、可動シャッタ5を約1分間開き、シリコンウェハ2表面にSi分子線を照射する。これによりシリコ

ンウェハ2表面の炭化層上に厚さ約20ÅのSi層が堆積する。このときの真空容器1内の圧力は $1 \times 10^{-9}$ Torrであった。可動シャッタ5を閉じ、シリコンウェハ2の温度を300°Cに下げる。

再び真空容器1内に流量1SCCMのC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを導入し、シリコンウェハ2の温度を850°Cに上げ、約10分間保持したのち、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入を停止し、シリコンウェハ2の温度を少なくとも300°Cまで下げる。

シリコンウェハ2表面に堆積しているSi層が上記C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガス中における850°Cでの加熱によりすべて炭化され、単結晶SiC層に変換する。上記工程により、シリコンウェハ2表面に厚さ約50Åの平坦なSiC層が生成する。このSiC層は鏡面光沢を有する。RHEEDによる観察によれば、この平坦なSiC層は単結晶であることが確認された。

#### (実施例2)

上記実施例1において、真空容器1内に導入するC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの流量を0.01SCCMとし、その他の条件は実施例1と同様にしてシリコンウェハ2の表面

にSiCの成長を行う。上記C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入時における真空容器1内の圧力は $1 \times 10^{-8}$ Torrとなる。

本実施例において、シリコンウェハ2表面上には約50ÅのSiC層が生成するが、このSiC層は粒状性を示し、平坦な層ではない。RHEEDによる観察によれば、この粒状のSiC層は単結晶であることが確認された。

#### (実施例3)

$1 \times 10^{-10}$ Torrの高真空中においてシリコンウェハ2を800°Cに加熱して表面の自然酸化膜を除去したのち、シリコンウェハ2の温度を300°Cに下げずに、ただちに850°Cに加熱するとともに流量1SCCMのC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを導入する。この状態で約10分間保持したのちC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入を停止し、シリコンウェハ2の温度を800°Cに下げてからSi分子線を約2分間照射してSi層を堆積する。

次いで、再び流量1SCCMのC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを導入するとともに、シリコンウェハ2の温度を850°Cに上昇し、この状態で約10分間保持する。その後、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入を停止し、シリコンウェハ2を室

温まで下げる。

本実施例によりシリコンウェハ2に形成されたSiC層は、粒状性を示す。

上記実施例2のように、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの導入量が低くなるとシリコンウェハ2表面に粒状のSiC層が生成するが、その実態および粒状になる理由は不明である。また、シリコンウェハ2の表面またはSiC層上に堆積されたSi層を炭化する工程に移る前に、シリコンウェハ2の温度を一旦300℃に下げるこによりSiC層の平坦性が向上する理由についても未だ明らかではない。

従来、上記と同様のMBE装置内において、800℃のシリコン表面にC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを吹き付けた場合、シリコン表面に凹凸が生じ、このとき、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスの流量を大きくすると凹凸が小さくなると同時にその数が増すことが知られている。(C.J. Magab and M.J. Leamy, J. Appl. Phys., 45(1974)1075)

また、シリコン表面が炭化水素の分解により生じた水素原子と反応してSiH<sub>4</sub>(シラン)を生成するため、エッチングされることが知られている。

(服部佳吾ら、電気学会研究会資料EFM-89-10.p.

1(1989))

これらのことから、上記実施例2のようにC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガス流量が低くなると、シリコンウェハ2表面における水素原子のエッチングが選択性を持ち、その結果、大きな凹凸が生じ、その上にエピタキシャル成長したSiCの結晶粒が大きくなるのに対して、実施例1のようにC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガス流量が高い場合には、シリコンウェハ2表面に対するエッチング選択性が低くなるため小さな凹凸が緻密に生じ、その上に光学的波長以下の微細なSiCがエピタキシャル成長するものと考えられる。

また、上記第3の理由については、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスは800℃のシリコン表面に接触するとただちに分解して水素原子を生じ、この水素原子による表面のエッチングが生じるが、300℃のシリコンでは、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスは熱分解せず、シリコンと弱い結合を生じ、シリコン表面に対して保護作用を示す。その結果、水素原子によるシリコン表面のエッチングが抑制されるため、平坦なシリコン表面にSiC層

が成長するものと考えられる。

上記実施例1におけるSi層の堆積とC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスによる炭化処理工程を繰り返して行うことにより所望の厚さの平坦なSiC層を形成することができる。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、平坦性の優れたSiC層が形成されたシリコンウェハが得られ、HBT等のヘテロ接合を利用する半導体装置の実用化を促進する効果がある。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施に用いたMBE装置の概要構成を示す模式図。

第2図は本発明の基本的工程説明図である。

図において、

1は真空容器、

2はシリコンウェハ、

3はヒータ、

4はSi分子線源、

5は可動シャッタ、

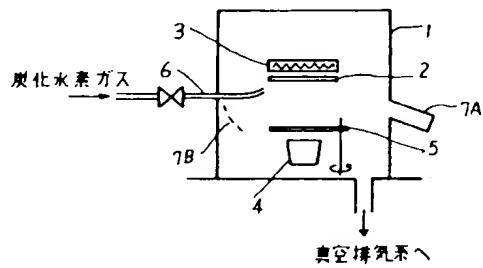
6はガス導入管、

7Aおよび7Bは電子線回折装置の要部

である。

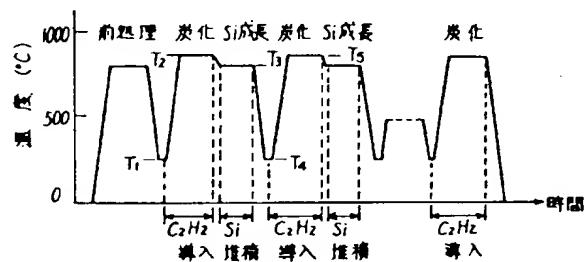
代理人弁理士 井桁 貞一





### 本発明の実施に用いたMBE装置の概要構成

第一回



### 本発明の基本的工程説明図

## 第 2 図